

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 071 200 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.01.2001 Patentblatt 2001/04

(51) Int. Cl.⁷: **H02P 6/20, H02P 6/00**

(21) Anmeldenummer: **00114830.3**

(22) Anmeldetag: **11.07.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Heinkel, Hans-Martin**
70199 Stuttgart (DE)
• **Knecht, Gerhard**
76473 Iffezheim (DE)
• **Berger, Rainer Josef**
42859 Remscheid (DE)

(30) Priorität: **23.07.1999 DE 19934668**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(54) **Elektronisch kommutierbarer Motor**

(57) Die Erfindung betrifft einen elektronisch kommutierbaren Motor, dessen Erregerwicklungen über Halbleiter-Endstufen von einer elektronischen Steuereinheit mittels pulsweitenmodulierter Steuersignale bestrombar sind und dabei im Stator des Motors ein Drehfeld erzeugen, das den Dauermagnet-Rotor des Motors in Drehbewegungen versetzt. Ohne Lagesensoren wird ein sicherer Anlauf in der Drehrichtung auch bei hohem Massenträgheitsmoment, kleinem Rastmoment und schlechter Bedämpfung dadurch erreicht, dass beim Start des Motors die Steuereinheit während einer vorgegebenen oder vorgebbaren Startphase die Halbleiter-Endstufen in sich überlappenden Steuerphasen mit PWM-Steuersignalen ansteuert, deren Pulsweitenverhältnisse von einem Minimum auf ein Maximum ansteigt und wieder auf das Minimum abfällt, dass die sich überlappenden Bereiche der Steuerphasen in den betroffenen Erregerwicklungen Ströme erzeugen, die einen annähernd kontinuierlichen Momentenverlauf ergeben, und dass in der Startphase durch Verkürzung der Kommutierungszeit zwischen den aufeinanderfolgenden Steuerphasen die Kommutierungsfrequenz und damit die Drehzahl des Motors erhöht wird.

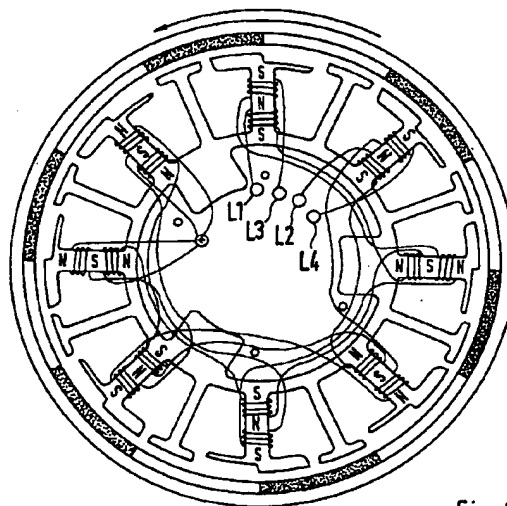


Fig.1

EP 1 071 200 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektronisch kommutierbaren Motor, dessen Erregerwicklungen über Halbleiter-Endstufen von einer elektronischen Steuereinheit mittels pulswidenmodulierter Steuersignale bestrombar sind und dabei im Stator des Motors ein Drehfeld erzeugen, das den Dauermagnet-Rotor des Motors in Drehbewegungen versetzt.

[0002] Bei elektronisch kommutierbaren Motoren ist es erforderlich, die Stellung des Dauermagnet-Rotors zu dem mit Erregerwicklungen versehenen Stator zu kennen, damit mit der vorgesehenen Kommutierung der Erregerwicklungen der Motor beim Start in der gewünschten Drehrichtung in Drehbewegungen versetzt wird.

[0003] Es sind derartige Motoren mit Lagesensoren bekannt, mit denen die Stellung des abgeschalteten Motors erkennbar gemacht wird. Diese Motoren erfordern nicht nur zusätzliche Lagesensoren, sie bedingen auch einen zusätzlichen Aufwand in der PWM-Steuereinheit.

[0004] Bei Motoren ohne Lagesensoren wird die Stellung zwischen Rotor und Stator durch Auswertung von in den Erregerwicklungen induzierten Spannungen erkannt. Da bei Stillstand des Motors jedoch keine auswertbaren Spannungen induziert werden, ist eine Lageserkennung im Stillstand des Motors nicht möglich. Bei einem Start der Bestimmung ist daher ein Anlaufen des Motors nicht sichergestellt, insbesondere nicht in der gewünschten Drehrichtung.

[0005] Wie die US 5,327,053 zeigt, kann ein elektronisch kommutierbarer Motor ohne Lagesensoren auch in der richtigen Drehrichtung gestartet werden, wenn in der Startphase durch abweichende Bestromung der Erregerwicklungen erst eine bestimmte Stellung zwischen Rotor und Stator hergestellt und danach erst mit der üblichen Bestromung begonnen wird. Dabei werden zu Beginn zwei Erregerwicklungen gleichzeitig voll bestromt und danach erfolgt die zur Erzeugung des Drehfeldes mit der gewünschten Drehrichtung erforderliche Bestromung.

[0006] Dabei hat sich jedoch gezeigt, dass diese Ansteuerung in der Startphase ein relativ geringes Massenträgheitsmoment des Rotors, ein hohes Rastmoment und ein stark bedampftes System voraussetzt. Dieses bekannte Startverfahren ist daher für Motoren, die diese Eigenschaften nicht aufweisen, nicht mit Erfolg übertragbar.

[0007] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, bei einem elektronisch kommutierbaren Motor der eingangs erwähnten Art mit hohem Massenträgheitsmoment, kleinem Rastmoment und schlechter Bedampfung auch ohne Lagesensoren beim Start einen Anlauf in der gewünschten Drehrichtung sicher zu stellen.

[0008] Diese Aufgabe wird nach der Erfindung dadurch gelöst, dass beim Start des Motors die Steuereinheit während einer vorgegebenen oder vorgebbaren Startphase die Halbleiter-Endstufen in sich überlappenden Steuerphasen mit PWM-Steuersignalen ansteuert, deren Pulsweitenverhältnisse von einem Minimum auf ein Maximum ansteigt und wieder auf das Minimum abfällt, dass die sich überlappenden Bereiche der Steuerphasen in den betroffenen Erregerwicklungen Ströme erzeugen, die einen annähernd kontinuierlichen Momentenverlauf ergeben, und dass in der Startphase durch Verkürzung der Kommutierungszeit zwischen den aufeinander folgenden Steuerphasen die Kommutierungsfrequenz und damit die Drehzahl des Motors erhöht wird.

[0009] In den Steuerphasen werden die Erregerwicklungen mittels der Halbleiter-Endstufen mit einer Schaltfrequenz der PWM-Steuersignale bestromt, wobei das Pulsweitenverhältnis PWV - Verhältnis Pulsweite zu Periodendauer - von einem Minimum auf ein Maximum ansteigt und dann wieder zum Minimum abfällt. Da sich die Steuerphasen der Erregerwicklungen überlappen, wird auch das Drehmoment moduliert und durch Anpassung der sich überlappenden Bereiche der Steuerphasen der Erregerwicklungen läßt sich in der Startphase ein annähernd gleichförmiger Momentenverlauf in der gewünschten Drehrichtung erreichen, der zu einem sicheren Anlauf in der richtigen Drehrichtung führt. Die Erhöhung der Drehzahl in der Startphase wird durch Verkürzung der Kommutierungszeit erreicht, was in der Startphase kontinuierlich erfolgt. Die Kommutierungszeit hängt von den Motorparametern ab und wird entsprechend angepaßt.

[0010] Nach einer Ausgestaltung kann sich die Änderung des Pulsweitenverhältnisses in den Steuerphasen so vollziehen, dass das Pulsweitenverhältnis in den Steuerphasen vom Wert "0" auf den Wert "1" zunimmt und wieder auf den Wert "0" abnimmt, wobei das Pulsweitenverhältnis als Verhältnis von Pulsweite zu Periodendauer des PWM-Steuersignals definiert ist, sowie dass sich das Pulsweitenverhältnis in der Startphase der Steuerphasen der PWM-Steuersignale über die Zeit etwa sinusförmig zwischen dem Minimum und dem Maximum ändert.

[0011] Die Startphase kann nach einer Ausgestaltung so festgelegt sein, dass sie als Zeitvorgabe gewählt ist, in der der Motor etwa 10 Umdrehungen ausführt.

[0012] Ein sanfter und schneller Anlauf des Motors wird nach einer Ausgestaltung dadurch erreicht, dass die Kommutierungsfrequenz in der Startphase mit zunehmender Zeit überproportional ansteigt.

[0013] Ist nach einer weiteren Ausgestaltung vorgesehen, dass die Amplitude des Pulsweitenverhältnisses in der Startphase kontinuierlich zunimmt und im Dauerlauf des Motors auf einen Wert übergeht, der durch einen der Steuereinheit zugeführten Sollwert vorgegeben ist, dann kann der Motor mit unterschiedlichen

Drehzahlen im Dauerlauf betrieben werden, wobei im Nennbetrieb mit Vollast das Pulsweitenverhältnis PWV den Wert "1" annimmt.

[0014] Die Anpassung der sich überlappenden Bereiche aufeinander folgender Steuerphasen zum Erreichen eines gleichmäßigen Momentenverlaufs wird dadurch erleichtert, dass die Überlappung zeitlich aufeinander folgender Steuerphasen kleiner ist als die halbe Dauer der Steuerphasen.

[0015] In den Steuerphasen werden die PWM-Steuersignale mit einer Schaltfrequenz von z.B. 20 kHz getaktet.

[0016] Die Erfindung wird anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen 2-strängigen, 4-pulsigen Motor,

Fig. 2 schematisch die Ansteuerung der vier Erregerwicklungen des Motors nach Fig. 1,

Fig. 3 den Verlauf der Amplitude des Pulsweitenverhältnisses der PWM-Steuersignale in der Startphase,

Fig. 4 die zeitlich versetzten Steuerphasen für die vier Erregerwicklungen des Motors nach Fig. 1 und

Fig. 5 den Verlauf der Kommutationsfrequenz in der Startphase des Motors.

[0017] Der Aufbau eines 2-strängigen, 4-pulsigen Motors ist in Fig. 1 dargestellt. Dabei ist zur Erzeugung eines Drehfeldes im Stator für die durch den Pfeil angezeigte Drehrichtung eine Steuereinheit STE-PWM erforderlich, wie Fig. 2 zeigt.

[0018] Der Stator weist acht Pole auf, dazwischen denen jeweils ein nicht bewickelter Zwischenpol angeordnet ist. Die Erregerwicklungen L1, L2, L3 und L4 sind, wie aus Fig. 1 erkennbar ist, jeweils mit vier Teilwicklungen versehen, die auf vier Pole verteilt sind. Dabei wechselt der Wicksinn von Teilwicklung zu Teilwicklung und die Teilwicklungen einer Erregerwicklung sind auf Pole verteilt, zwischen denen jeweils ein nicht davon belegter Pol angeordnet ist. Hinzu kommt, dass die Erregerwicklungen L1 und L3 bzw. L2 und L4 dieselben Pole erfassen, jedoch auf jedem Pol jeweils gegenläufige Wickelsinne aufweisen.

[0019] Werden diese Erregerwicklungen L1 bis L4 zeitlich nacheinander von der Steuereinheit STE-PWM bestimmt, dann entsteht das gewünschte Drehfeld im Stator.

[0020] Wie das Schaltbild nach Fig. 2 zeigt, werden die Erregerwicklungen L1 bis L4 über die Halbleiter-Endstufen T1, T2, T3 und T4 ein- und ausgeschaltet, d.h. mit der Versorgungsspannung U_{batt} verbunden und von dieser getrennt.

[0021] Wie in der Steuereinheit STE-PWM durch ein Diagramm angedeutet ist, erfolgt die Ansteuerung beim Start des Motors mit einer Startphase Ta, die sich über eine vorgegebene oder vorgebbare Zeit erstreckt.

[0022] In der Startphase Ta nimmt die Amplitude des Pulsweitenverhältnisses PWV kontinuierlich zu. Das Pulsweitenverhältnis PWV gibt das Verhältnis Pulsweite zur Periodendauer der Schaltfrequenz der PWM-Steuersignale an und damit ist die Amplitude mit PWV/PWV_{max} definiert. Nach der Startphase Ta nimmt die Amplitude den Wert "1" an, wenn diese dem Nennbetrieb des Motors bei Vollast zugeordnet ist.

[0023] Wird der Steuereinheit STE-PWM ein Sollwert st vorgegeben, der einer Drehzahl zugeordnet ist, dann kann der Motor durch entsprechende Anpassung der Amplitude des Pulsweitenverhältnisses PWV und/oder der Pulsweite in den Schaltperioden mit unterschiedlichen Drehzahlen betrieben werden.

[0024] Der Start des Motors und das Hochlaufen auf die Nenndrehzahl wird dadurch sichergestellt, dass den vier Halbleiter-Endstufen T1 bis T4 vier sich überlappende Steuerphasen zugeordnet werden, in denen PWM-Steuersignale z.B. mit der Schaltfrequenz von 20 kHz zugeführt werden. In den Steuerphasen ändert sich das Pulsweitenverhältnis PWV von einem Minimum PWV_{min} auf ein Maximum PWV_{max} und fällt wieder auf das Minimum PWV_{min} ab. Der zeitliche Versatz der Steuerphasen ist als Kommutierungszeit K-Zeit gekennzeichnet und bestimmt die Kommutationsfrequenz f_k und damit die Drehzahl des Motors.

[0025] Die überlappenden Bereiche der Steuerphasen sind im Pulsweitenverhältnis PWV so aufeinander abgestimmt, dass in der Startphase Ta stets ein etwa gleichförmiger Momentenverlauf erreicht wird. Die K-Zeit wird in der Startphase Ta kontinuierlich verkürzt, wie Fig. 5 zeigt, damit der Motor auf die Minimaldrehzahl des Dauerlaufes hochläuft. Dabei nimmt die Kommutationsfrequenz f_k und die Drehzahl mit zunehmender Zeit überproportional zu. Für das Pulsweitenverhältnis PWV kann das Minimum PWV_{min} den Wert "0" und das Maximum PWV_{max} den Wert "1" annehmen. Der Übergang zwischen diesen Werten kann z.B. annähernd sinusförmig erfolgen und ist auf die Bauart und die Parameter des Motors abzustimmen, um den für den sicheren Start erforderlichen gleichmäßigen Momentenverlauf in der Startphase Ta zu bekommen. Die Startphase Ta kann durch Vorgabe einer Zeit festgelegt werden, in der der Motor eine bestimmte Anzahl von Umdrehungen, z.B. 10, ausführen kann.

[0026] Wie die Fig. 4 zeigt, erstreckt sich die Überlappung benachbarter Steuerphasen über die halbe Dauer der Steuerphasen. Dies bedeutet, dass mit der Verkürzung der Kommutationszeit K-Zeit auch die Dauer der Steuerphasen entsprechend verkürzt. In den Steuerphasen bleibt in der Regel die Schaltfrequenz, z.B. 20 kHz, der PWM-Steuersignale unverändert. Geändert wird in der Regel die Pulsweite. Die Reihenfolge der Steuerphasen beim Start und beim Dauerbe-

trieb bleibt gleich.

[0027] Die Startphase ist als Software in einem Mikrocomputer der Steuereinheit STE-PWM abgelegt.

Patentansprüche

1. Elektronisch kommutierbarer Motor, dessen Erregerwicklungen über Halbleiter-Endstufen von einer elektronischen Steuereinheit mittels pulsweitenmodulierter Steuersignale bestrombar sind und dabei im Stator des Motors ein Drehfeld erzeugen, das den Dauermagnet-Rotor des Motors in Drehbewegungen versetzt, dadurch gekennzeichnet,

dass beim Start des Motors die Steuereinheit (STE-PWM) während einer vorgegebenen oder vorgebbaren Startphase (Ta) die Halbleiter-Endstufen (T1,T2,T3,T4) in sich überlappenden Steuerphasen mit PWM-Steuersignalen ansteuert, deren Pulsweitenverhältnisse (PWV) von einem Minimum (PWV_{min}) auf ein Maximum (PWV_{max}) ansteigt und wieder auf das Minimum (PWV_{min}) abfällt, dass die sich überlappenden Bereiche der Steuerphasen in den betroffenen Erregerwicklungen (L1,L2,L3,L4) Ströme erzeugen, die einen annähernd kontinuierlichen Momentenverlauf ergeben, und dass in der Startphase (Ta) durch Verkürzung der Kommutierungszeit (K-Zeit) zwischen den aufeinander folgenden Steuerphasen die Kommutierungsfrequenz (fk) und damit die Drehzahl des Motors erhöht wird.

2. Elektronisch kommutierbarer Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass das Pulsweitenverhältnis (PWV) in den Steuerphasen vom Wert "0" auf den Wert "1" zunimmt und wieder auf den Wert "0" abnimmt, wobei das Pulsweitenverhältnis (PWV) als Verhältnis von Pulsweite zu Periodendauer des PWM-Steuersignals definiert ist.

3. Elektronisch kommutierbarer Motor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

dass die Startphase (Ta) als Zeitvorgabe gewählt ist, in der der Motor etwa 10 Umdrehungen ausführt.

4. Elektronisch kommutierbarer Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

5. Elektronisch kommutierbarer Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

dass die Amplitude des Pulsweitenverhältnisses (PWV) in der Startphase (Ta) kontinuierlich zunimmt und im Dauerlauf des Motors auf einen Wert übergeht, der durch einen der Steuereinheit (STE-PWM) zugeführten Sollwert (st) vorgegeben ist (Fig. 3).

6. Elektronisch kommutierbarer Motor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

dass im Nennbetrieb mit Vollast das Pulsweitenverhältnis (PWV) der Steuersignale den Wert "1" annimmt.

7. Elektronisch kommutierbarer Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

dass sich das Pulsweitenverhältnis (PWV) in der Startphase (Ta) der Steuerphasen der PWM-Steuersignale über die Zeit (Z) etwa sinusförmig zwischen dem Minimum (PWV_{min}) und dem Maximum (PWV_{max}) ändert.

8. Elektronisch kommutierbarer Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet,

dass die Überlappung zeitlich aufeinander folgender Steuerphasen kleiner ist als die halbe Dauer der Steuerphasen.

9. Elektronisch kommutierbarer Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet,

dass die PWM-Steuersignale eine Schaltfrequenz von 20 kHz aufweisen.

10. Elektronisch kommutierbarer Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

dass die Startphase (Ta) mit den Steuerphasen als Software in einem Mikrocomputer der Steuereinheit (STE-PWM) abgelegt ist.

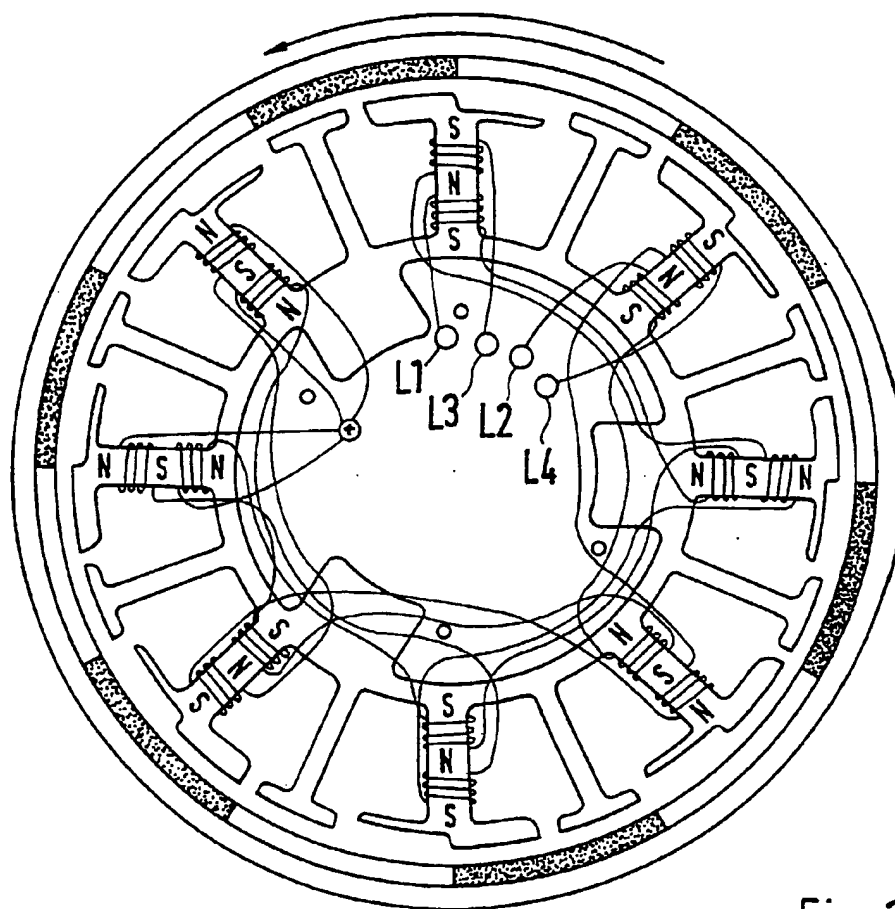


Fig.1

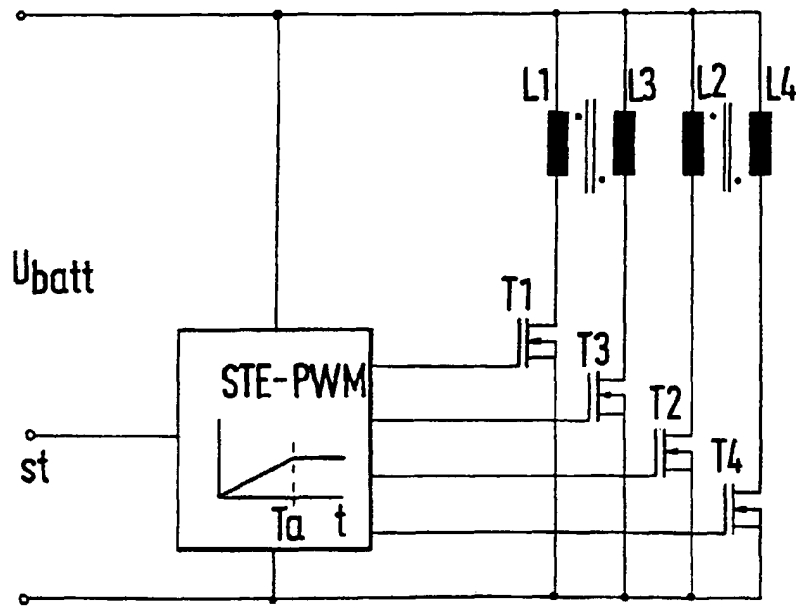


Fig.2

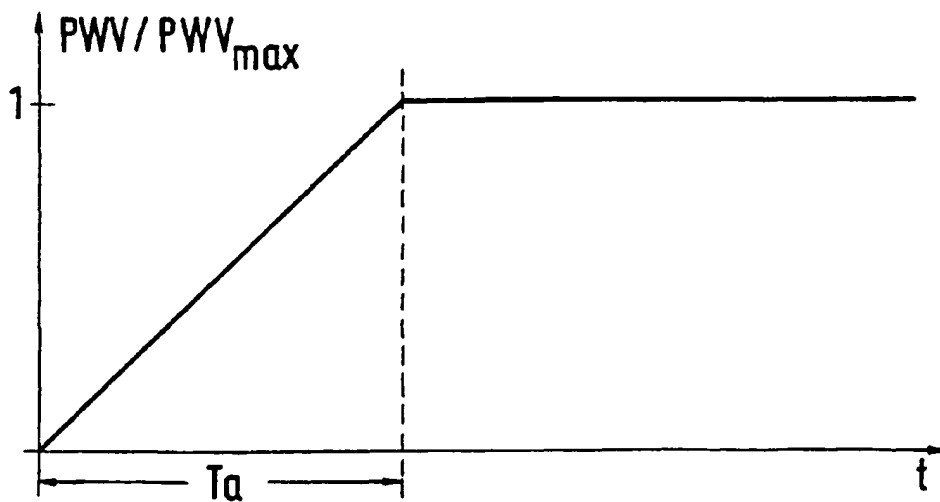


Fig.3

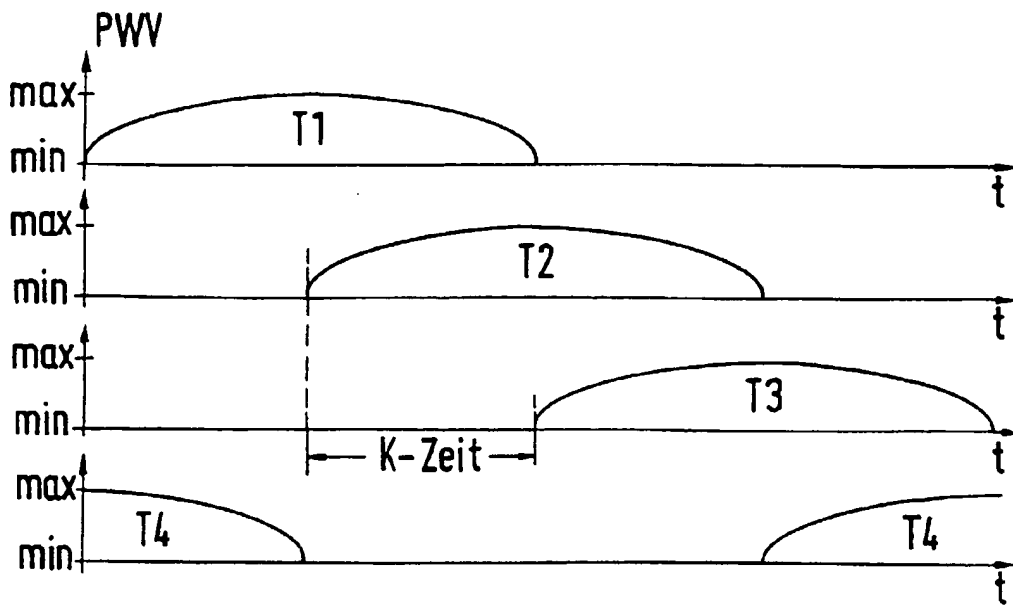


Fig.4

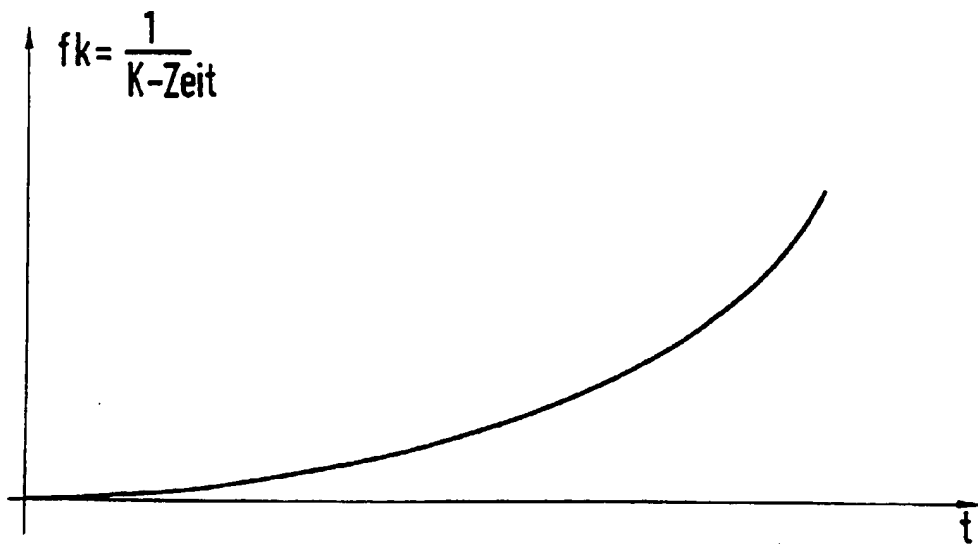


Fig.5